

氏名	孫 永 浩
授与した学位	博 士
専攻分野の名称	学 術
学位授与番号	博乙第3013号
学位授与の日付	平成8年3月25日
学位授与の要件	博士の学位論文提出者 (学位規則第4条第2項該当)
学位論文題目	Boundary Element Models for Laplace, Poisson, and Helmholtz Field Computation and Application to Inverse Analysis 境界要素モデルによるラプラス・ポアソン・ヘルムホルツ 場の解析と逆解析への応用に関する研究
論文審査委員	教授 加川 幸雄 教授 古賀 隆治 教授 東辻 浩夫 教授 橋本 文雄 教授 高橋 則雄

学 位 論 文 内 容 の 要 旨

本論文は境界要素法による電界、電磁波の解析と逆解析を扱ったものである。これらの場合は、主としてラプラス、ポアソンとヘルムホルツ方程式で記述されるが、ここでとりあげる解析、逆解析は2次元場を対象としている。

ラプラス問題は有限要素法解析では解の上限と下限が得られる。このような解の性質は数値シミュレーションの結果の評価において重要な意味を持っている。境界要素法は、グリーンの定理に基づいた境界積分形解法で、解の上限及び下限が知られないという問題がある。本論文では、まず、変分原理に基づいた境界要素表現を導出し、静電界、静電容量問題における計算精度と解の上限・下限について検討を行った。境界要素法では、基本解を変更するだけでヘルムホルツ問題に適用することができる。導波路問題の固有値を求め、計算精度について検討を行った。

ポアソン方程式によって支配されるような場合は、ソースが領域内に分布しているため通常の境界要素法と同様に変分原理による境界要素法も領域積分が含まれ、対象領域を分割する必要がある。境界要素法のもう一つのデメリットは特異積分を行う必要があることである。本論文では2重相反原理を利用して、また電荷重畳法と類似の正則境界要素法を導入して、領域積分も特異積分も行わない定式化を示す。またヘルムホルツ方程式の固有値問題も、2重相反法を導入した境界積分表現はポアソン問題と同様の形になるので、固有値が容易に求められることも示した。

次に逆解析について新しい手法の提案と考察を行った。領域の境界上で計測された物理量から領域内に分布しているソースを推定する、あるいは加えられた入力に対する応答計測からシステムを同定する逆解析は我々が多く直面する問題である。本論文では、まず、2重相反境界要素モデルを用いて駆動源の位置と強さ或いは分布の同定を行った。すなわち電荷が連続的に分布している場合、電荷の分布をポアソン方程式の特解を用いて近似的に表現し、境界上で計測された電位分布より内部の電荷分布を同定した。独立している電荷の位置と強さを推定するときには試験電荷を電荷の存在する範囲に順次配置し、試験電荷の重心を電荷の位置、試験電荷の大きさを電荷の強さとして求める電荷同定法を提案した。また領域内の小領域内に電荷が均一に分布している場合、ラプラス場とポアソン場の結合問題として取り扱い、形状同定法を提案した。もう一つのシステム同定問題については、2重相反境界要素モデルにより、境界値から対象領域内導電率

分布を求める逆解析手法を提案している。導電率の変化にかかわる項を駆動項とするポアソン方程式を導き、駆動項に二重相反法を導入して境界積分に変換し、この様な境界積分モデルによりインバージョンは繰り返し計算なしに行われる。

論文審査結果の要旨

本論文は、境界要素法による静電界、電磁界の解析と逆解析への応用に関するものである。

これらの場合はラプラス・ポアソン・ヘルムホルツ方程式に支配される。境界要素法は、有限要素法と並んで数値解析の有力な手段であり、有限要素法が領域分割を必要とするのに対して境界分割だけですむこと、無限領域に対応できること、などの利点がある。ただ特異積分を必要とする、解の上限・下限が不明であるなど問題がある。有限要素法は変分原理に基づくため解の上限・下限が保障されるなどの利点がある。

本研究はまず第一に、ラプラス問題に関して変分原理に基づく双対相補の境界積分表現を導出し、静電容量の下限・上限の評価が可能であることを示した。

ポアソン問題では電荷等が領域内に分布するので領域分割が必要となり、境界要素法の利点が失われる。本研究では、二重相反法を導入することにより境界積分に還元し、また特異積分は電荷重畳法に類似の正則境界要素法を導入することでこれを解決した。ヘルムホルツ方程式はポアソン方程式と同形であるので本手法を拡張するだけでよく、光／誘電体導波路伝搬特性問題に適用して良好な結果が得られることを示した。

逆問題は、境界上で計測された電位分布等の情報から内部の電荷分布等を同定する問題で、多くの場合、最適問題として繰り返し計算で解かれる。本研究では、上の二重相反法を利用することにより、繰り返し計算なしに電荷分布や内部導電率分布を同定する新しい手法を提案した。

以上のように本論文は、ラプラス・ポアソン・ヘルムホルツ場の数値解析に新しい技法を提供し、学術上極めて有用であると判断されるので、本論文が博士(学術)の学位に値するものと認める。